Aus dem Hygienischen Institut zu Rostock.

Über die Einwirkung von Bakterien aus der Gruppe der das sog. fadenziehende Brot erzeugenden auf die Stärke.

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

der

Medizinischen Fakultät der Landes-Universität Rostock

vorgelegt

von

Andreas Gossel,

approb. Arzt aus Reepsholt (Ostfriesland).

ACAD. LUDOVICA BIBL.

Rostock
Carl Hinstorffs Buchdruckerei
1903.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Rostock.

Referent: Prof. Dr. Pfeiffer.

März 1903.

eine Haut, die aus völlig aufgeteilten Fäden bestand. Die Stäbchen waren lebhaft beweglich, die Anordnung der Geisseln peritrich. Nach 3—4 tägiger Kultur traten Sporangien auf, in denen nahe dem Ende zu eine elliptische Spore lag. Die andere als Bazillus II bezeichnete Art war, wie schon erwähnt, der ersteren sehr ähnlich. Die Stäbchen waren ebenfalls lebhaft beweglich, besassen umständige Geisseln, hatten eine Dicke von 0,7 μ und eine Länge von 2,8—8,5 μ; sie bildeten kürzere Fäden und ebenfalls Oberflächenhaut. Die ersten Sporangien traten nach 8 Tagen auf. Die Sporen waren elliptisch und lagen meist nahe dem Ende der Sporangien, wie bei der zuerst geschilderten Art.

In den Zooglöen beider Bakterienarten konnte eine schleimige Zwischensubstanz nachgewiesen werden.

Auf Gelatineplatten bildeten sie Kolonien ohne wesentliche Unterschiede, von kreisrunder Form, gelbbrauner Farbe, glattem scharf abgegrenzten Rande. Die Gelatine wurde mässig schnell und muldenförmig verflüssigt. Bei Gelatinestichkulturen erfolgte Wachstum längs des Stichkanals, trichterförmige Verflüssigung des Nährbodens und Hautbildung. Beim Bazillus II letzteres Beides langsamer.

Auf Agar bildete der Bazillus I eine graue, trockene, feste, faltige Haut, Bazillus II einen grauen schleimigen Belag, der später auch trocken und faltig wurde. Der Agar wurde gebräunt. Der Belag auf Kartoffeln war anfangs grauweiss, feucht, später runzelig und häutig.

Der Rasen des Bazillus II war fadenziehend, der des Bazillus I nur zuweilen und nur am Rande. Die Milch wurde von beiden Arten koaguliert, das Koagulum bald wieder gelöst, die Molke gebräunt. Die oberen Schichten der Milch waren schleimig. Schleimige Häute wurden auch auf den anderen flüssigen Nährböden beobachtet, dagegen wurden nur selten die Kulturflüssigkeiten selbst schleimig.

Ich habe diese morphologischen und kulturellen Eigentümlichkeiten der beiden Arten deshalb genauer mitgeteilt, weil sie manche Ähnlichkeiten mit denen haben, die der von Beulshausen beschriebene Mikroorganismus besitzt, und weil eine Vergleichung der von König, Spieckermann und Tillmanns ermittelten Stoffwechselprodukte mit denjenigen erfolgen soll, welche ich beobachtet habe.

Die chemischen Veränderungen, welche die genannten Arten Bazillus I und II sowie der zum Vergleich herangezogene Bac. panis viscosi I Vogel im Brot hervorriefen, wurden von den drei Verfassern der zitierten Arbeit in folgender Weise geschildert.

Die drei untersuchten Bakterienarten zersetzten das Brot völlig gleichartig; sowohl die Stickstoffverbindungen als auch die Kohlehydrate des Brotes wurden tiefgreifend zersetzt. Die Stärke wurde kräftig verzuckert und dextriniert. Der lösliche Stickstoff erschien beträchtlich vermehrt, es wurde auch Ammoniak gebildet. Ferner wurden nach Aussalzen der Albumosen Peptone durch die Biuretreaktion nachgewiesen. Der Säuregehalt des Brotes (Essigsäure und Milchsäure) hatte zugenommen. Die Zersetzungen, die eine beträchtliche Abnahme der Trockensubstanz verursachten, waren um so stärker, je länger die Brote der Einwirkung der Bakterien ausgesetzt waren. Die Eigenschaft des Fadenziehendwerdens erklärte sich nach den genannten Autoren aus den Analysenbefunden nicht. Sie haben deshalb die Bakterien noch besonderen Kulturbedingungen ausgesetzt, die entscheiden sollten, ob das Fadenziehendwerden von einer Bildung von Dextrinen oder von schleimigen Stoffen aus dem Kleber oder von Zooglöenbildungen herrührt. In einem 30 %igen Stärkekleister mit 2 % Pepton und Nährsalzen hatten sich nach 4 Wochen schleimige Häute gebildet. Der Kleister selbst war nicht fadenziehend geworden, war aber zum grossen Teil in Dextrin und reduzierenden

Zucker verwandelt worden. Feuchter Kleber wurde schnell verändert. Das Innere der Klebermassen wurde weich und schmierig, aber nicht schleimig oder fadenziehend. Ammoniakbildung konnte schon durch den Geruch festgestellt werden. Die Analysen des Klebers nach 21tägiger Einwirkung der Bakterien ergaben eine bedeutende Zunahme des löslichen Stickstoffs, besonders des Ammoniak-, Pepton-, Basen- und Amidstickstoffs.

Da weder die Veränderungen des Kleisters noch die des Klebers das Fadenziehendwerden erklärten, so untersuchten die Verfasser noch den Schleim näher, den die betreffenden Bakterien bei Kultur auf Möhren bildeten. Sie fanden denselben zur Hauptsache aus Hexosen bestehend. Der Schleim entsteht nach ihnen durch eine Verquellung der Membranen der Bakterienzellen.

Darnach müsste das Fadenziehendwerden durch die schleimige Verquellung der Bakterien, nicht durch die Bildung schleimiger Stoffwechselprodukte erklärt werden, die Beulshausen als Ursache der klebrigen Beschaffenheit des von ihm untersuchten Brotes angesehen hat.

Ich habe auf die Ergründung der Ursachen des Fadenziehendwerdens bei meinen Versuchen wenig Wert gelegt, da ich mit Beulshausen der Meinung war, dass sich diese Eigenschaft sehr einfach erklären lässt aus der Bildung von Zucker aus der Stärke. Denn bei ca. 45 % Wassergehalt des Brotes muss die Verzuckerung der Stärke dazu führen, dass eine fast sirupöse Zucker- und Dextrinlösung entsteht, die wie ein Malzextrak klebrig und fadenziehend ist.

Mir lag mehr daran, die Produkte des Stoffwechsels der Bakterien, welche das Brot so eigenartig zu verändern vermögen, näher kennen zu lernen.

Zu diesem Behufe habe ich zunächst die Bakterien, die Beulshausen untersuchte, auf stärkemehlhaltigen Nährböden kultiviert. Dabei ergab sich ein so merkwürdiger Abbau der Stärke, dass ich schliesslich mich auf

die Untersuchung dieses Abbaues allein beschränkte, und es einer späteren Untersuchungsreihe vorbehielt, den Abbau der Eiweisstoffe näher zu verfolgen.

Aus der Reinkultur der Bakterien auf Brotbrei wurde eine Anzahl Kulturen auf schräg erstarrtem gewöhnlichen Peptonagar gewonnen, was bei Bruttemperatur leicht gelang. Es bildete sich auf dem Peptonagar binnen 24 Stunden ein üppiger feuchter Rasen, der in den nächsten Tagen trocken und runzelig wurde und massenhaft Sporen beherbergte. Von der sporenhaltigen Masse wurde etwas in eine Nährbouillon übertragen, die Stärkemehl in verkleisterter Form enthielt. Die dicke Flüssigkeit wurde nach 24stündigem Stehen bei Brutwärme dünnflüssig, die Bakterien trübten dieselbe stark, bildeten in derselben eine anfangs zarte, später derbere Haut, die beim Schütteln des Gefässes zu Boden sank und dort noch an Masse zunahm. Allmählich klärte sich die über dem Sediment stehende Flüssigkeit.

Nunmehr wurde die Kulturflüssigkeit chemisch untersucht. Die Reaktion derselben war deutlich sauer; durch Jodlösung wurde sie rot gefärbt. Fehling'sche Lösung wurde durch sie reduziert.

Die quantitative Bestimmung der reduzierenden Substanz betrug, auf Maltose berechnet, 0,354 %. Alkohol erzeugte in der filtrierten klaren Flüssigkeit eine starke, flockige Fällung. Die auf dem Filter gesammelten Flocken wiederholt in Wasser gelöst und durch Alkohol wieder gefällt, lieferten schiesslich eine wässerige Lösung, die das polarisierte Licht stark nach rechts drehte. Nach Digestion mit verdünnter Salzsäure reduzierte diese Lösung Fehling'sche Lösung. Die Menge der aus 100 ccm Kulturflüssigkeit gewonnenen Flocken, als Dextrin berechnet, betrug 0,856 g.

Die der Nährbouillon zugesetzte Stärkemehlmenge war nicht genau bestimmt worden, da es sich bei diesem ersten Versuch nur um einen orientierenden Vorversuch

handelte. In dem folgenden Versuch wurde eine Kulturflüssigkeit verwendet, die 1 g lufttrockener Kartoffelstärke enthielt. Die Flüssigkeit bestand nur aus wässerigem Stärkekleister, dem einige Tropfen Nährbouillon zugesetzt wurden. Nach 40 stündigem Stehen bei 37° C. liess sich die Flüssigkeit leicht und klar filtrieren. Sie enthielt keine unveränderte Stärke mehr (Jodlösung färbte nur rot), reagierte deutlich sauer, drehte die Polarisationsebene nach rechts und roch wie Buttermilch.

Der Zuckergehalt (Maltose) betrug 0,276 g, der Säuregehalt (auf Milchsäure berechnet) 0,124 g; bei der Destillation ging Alkohol in leicht nachweisbaren Mengen in das Destillat über. Es waren somit aus 1 g Stärkemehl entstanden

0,276 g Zucker (Maltose)

0,124 g Säure, ferner Dextrin und Alkohol.

Die Umwandlung der Stärke in Zucker und Dextrin war bei diesem Versuche sehr bedeutend und sehr rasch vor sich gegangen. Offenbar war aber auch ein Teil der Stärke bezw. des Zuckers weiter zersetzt worden in eine nicht flüchtige Säure (Milchsäure) und in Alkohol.

Es wurde jetzt versucht, die Umwandlung der Stärke sukzessive zu verfolgen. Zu diesem Behufe musste das Wachstum der Bakterien verzögert werden, was am einfachsten geschehen konnte durch Weglassen der Stickstoffquelle.

0,8576 g bei 105° C. entwässerter Kartoffelstärke wurde ohne Nährbouillonzusatz verkleistert; der Kleister wurde sterilisiert und mit wenig sporenhaltigem Material aus einer Agarkultur beschickt.

Nachdem die Probe 12 Stunden auf 37° C. gehalten worden war, wurde die noch gequollene Stärke enthaltende Flüssigkeit filtriert. Das Filtrat färbte sich auf Zusatz von Jodlösung rein blau, reduzierte Fehling'sche Lösung nicht, drehte aber die Polarisationsebene nach rechts. Aus demselben wurde mit Alkohol das Dextrin gefällt,

letzteres invertiert und die Dextrose bestimmt. Ihre Menge entsprach einer Dextrinmenge von 0,7816 g.

Nach 12 Stunden war demnach bei Mangel von Stickstoffnahrung aus 0,8576 g Stärke 0,7816 g Dextrin gebildet worden.

0,8332 g in gleicher Weise entwässerter Stärke wurde in Kleister verwandelt; dem Kleister wurde eine geringe Menge Nährbouillon zugesetzt. Die mit Bakterienmaterial beschickte dicke Flüssigkeit wurde wiederum 12 Stunden auf 37° C. erwärmt.

Die Stärke war nach dieser Frist völlig in Lösung gegangen. Das klare Filtrat färbte sich mit Jodlösung blauviolett, reduzierte Fehling'sche Lösung nicht, drehte aber die Polarisationsebene nach rechts,

Die Dextrinmenge, wie oben bestimmt, betrug 0,5808 g.

Es wurden nunmehr grössere Stärkemengen in Arbeit genommen.

Ein 4 %iger sterilisierter Stärkekleister ohne Nährbouillon wurde mit wenig Bakterienmaterial beschickt. Nachdem er 13 Stunden einer Temperatur von 37° C. ausgesetzt war, wurde festgestellt, dass der Kleister noch dickflüssig und nicht filtrierbar war. Nach 16½ Stunden war er etwas dünnflüssiger geworden und nach 18 Stunden filtrierte er schwach trübe, aber langsam, nach 19½ Stunden sehr leicht. Das opaleszierende Filtrat reduzierte Fehling'sche Lösung nicht und wurde durch Jodlösung rein blau gefärbt. Auf Zusatz von Alkohol trat eine reichliche, rein weisse, flockige Fällung ein. Die gefällten Flocken wurden mit Alkohol und Äther ausgewaschen, noch ätherfeucht auf Glasplatten ausgebreitet und im Vakuumexsikkator über Schwefelsäure getrocknet. Sie lieferten so eine trockene krümelige Masse, die zerrieben ein weisses lockeres Pulver darstellte. Dieses Pulver löste sich in kaltem Wasser langsam, in heissem rasch und vollständig auf. Von der Löslichkeit büsste es auch nach wochenlanger Aufbewahrung nichts ein. Die klare Lösung wurde

durch Jodlösung rein blau gefärbt, sie besass kein Reduktionsvermögen gegenüber alkalischer Kupferlösung. Die Polarisationsebene wurde nach rechts gedreht. Das Drehungsvermögen einer Lösung von 0,3572 g in 100 ccm betrug bei 100 mm Schichtdicke 0,7°. Das spez. Gewicht dieser Lösung war bei 15° C. 1,0012. Daraus berechnet sich das spez. Drehungsvermögen zu

$$[a]_D = \frac{100 \times 0{,}7}{1 \times 0{,}3572 \times 1{,}0012} = 195{,}8,$$

was demjenigen löslicher Stärke annähernd entspricht.

Das Pulver, einem 4%igen sterilen Stärkekleister zugegeben, bewirkte nach 24 Stunden und bei einer Temperatur von 37° C. eine vollständige Verflüssigung des Kleisters, so dass die Lösung leicht filtriert werden konnte. Das Filtrat, opaleszierend, wurde durch Zusatz von Jodlösung, selbst nach 8tägiger Aufbewahrung, noch rein blau gefärbt, und besass kein Reduktionsvermögen für Kupferoxyd. Erst nach 13 bezw. 21 Tagen wurde die Reaktion mit Jod blauviolett, das Kupferoxyd reduziert.

Durch 6 Parallelversuche wurde alsdann der zeitliche Ablauf der Zersetzung der Stärke kontrolliert.

Je 0,8239 g bei 105° C. entwässerter Stärke wurde mit 25 ccm Wasser verkleistert. Nach dem Sterilisieren der Kleister wurden dieselben mit annähernd gleichem Bakterienmaterial, entnommen einer frischen Agarkultur, beschickt. Die 6 Kleisterproben wurden sodann 17 Stunden, 2½, 3½, 4½, 7½ und 12½ Tage im Brutschrank bei 37° C. aufbewahrt. Nach diesen Fristen wurden die Flüssigkeiten filtriert und untersucht. Das Ergebnis der Untersuchung war folgendes.

Probe 1 (17 Stunden alt).

Kleister vollständig verflüssigt, langsam filtrierbar, Filtrat schwach trübe, wird durch Jodlösung rein blau gefärbt, reduziert Kupferoxyd nicht und dreht die Polarisationsebene nach rechts.

Der Geruch des Filtrates ist dem einer Lösung käuflichen Dextrins durchaus gleich.

Probe 2. ($2^1/_2$ Tage alt).

Kleister vollständig verflüssigt, so dass die etwas trübe Flüssigkeit sich wie eine wässerige Zuckerlösung präsentiert. Sie filtriert auch so leicht wie eine solche. Das Filtrat ist schwach opaleszierend, wird durch Jod blauviolett gefärbt und reduziert Kupferoxyd. Rechtsdrehung nachweisbar.

Das Reduktionsvermögen entspricht dem einer Maltosemenge von 0,114 g.

Von dem Filtrat und Waschwasser (= 100 ccm) wurden 25 ccm mit 175 ccm Wasser und 20 ccm Salzsäure vom spec. Gewicht 1,125 versetzt, im Wasserbad 3 Stunden digeriert, darauf neutralisiert und zu 250 ccm aufgefüllt. Eine entsprechende Menge (25 ccm) wurde nach den Vorschriften der Zuckertabellen von Wein für die Bestimmung der Dextrose mit Fehling'scher Lösung gekocht, das reduzierte Kupferoxydul in einer Allihn'schen Röhre gesammelt, ausgewaschen und nach dem Trocknen in Kupferoxyd verwandelt. Die Kupferoxydmenge war 0,0494 = 0,0394 g Kupfer = 0,0206 g Dextrose. Diese Dextrosemenge entsprach einem Gehalt der gesamten Kulturflüssigkeit an $0{,}0206 \times 10 \times 4 =$ 0,824 g Dextrose. Aus 0,8239 g Stärke waren demnach erhalten worden 0,824 g Dextrose. Die Maltosemenge[1] war zu 0,114 g bestimmt worden, sie entsprach $0{,}114 \times \frac{20}{19} = 0{,}12$ g Dextrose.

Von 0,824 g Dextrose waren folglich 0,12 g aus Maltose entstanden und 0,704 g aus Dextrin bezw. löslicher Stärke.

---

1) Wie ich später zeigen werde, war der direkt reduzierende Zucker in der Tat Maltose.

Die Menge der letzteren berechnet sich hiernach zu $0{,}704 \times 0{,}9 = 0{,}6336$ g.

Gebildet waren also aus 0,8239 g trockener Stärke

0,114 g Maltose
0,6336 g Dextrin und löslicher Stärke

zusammen 0,7476 g.

d. i. $90{,}74\,^0{}_0$ der angewandten Menge.

Probe 3 ($3^1/_2$ Tage alt).

Sie unterschied sich von der Probe 2 durch grösseres Reduktionsvermögen und durch hellrote Färbung auf Jodzusatz.

Die Maltosemenge betrug 0,1528 g.

Nach Inversion in vorstehend geschilderter Weise wurde für 25 ccm der Verdünnung, 0,0442 g Kupferoxyd = 0,0353 g Kupfer = 0,0186 g Dextrose erhalten. Die Kulturflüssigkeit lieferte sonach 0,744 g Dextrose; nach Abzug der aus der Maltose entstandenen Dextrose ($0{,}1528 \times \frac{20}{19} = 0{,}161$ g), verblieben für die Dextrinbestimmung $0{,}744 - 0{,}161 = 0{,}583$ g Dextrose = 0,5247 g Dextrin.

Probe 3 enthielt also

0,1528 g Maltose
0,5247 g Dextrin

zusammen 0,6775 g

= $82{,}23\,^0/_0$ der angewandten Stärkemenge.

Probe 4 ($4^1/_2$ Tage alt).

Verhalten wie das der Probe 3. Direkt reduzierender Zucker = 0,1668 g Maltose. Durch die Dextrose erhaltene Kupferoxydmenge = 0,044 g für 25 ccm der Verdünnung.

Die Dextrosemenge für die ganze Kulturflüssigkeit berechnet sich hieraus zu $0{,}185 \times 4 = 0{,}74$ g. Nach

Abzug des auf die Maltose entfallenden Wertes $\left(0{,}1668 \times \frac{20}{19}\right)$ verbleiben für die aus Dextrin hervorgegangene Dextrose 0,74 -0,176 = 0,564 g, entsprechend 0,5076 g Dextrin.

Erhalten wurden sonach aus 0,8239 g Stärke

0,1668 g Maltose
0,5076 g Dextrin

zusammen 0,6744 g

= 81,85%.

Probe 5. ($7^1/_2$ Tage alt).

Die Maltosemenge betrug 0,1968 g. Die Dextrosemenge in 25 ccm der Verdünnung entsprach 0,0434 g Kupferoxyd.

Die aus der gesamten Kulturflüssigkeit gewonnene Dextrose belief sich somit auf 0,732 g.

Abzüglich 0,207 g für die Maltose stammen 0,525 g Dextrose aus Dextrin, dessen Menge also 0,4725 g war.

Die angewendete Stärke war folglich zerlegt in

0,1968 g Maltose
0,4725 g Dextrin

zusammen 0,6693 g

= 81,23 %.

Probe 6 ($12^1/_2$ Tage alt).

Gefunden wurden an Maltose 0,1832 g, ferner 0,11 % Alkohol. 25 ccm der Verdünnung lieferten 0,0474 g Kupferoxyd.

Dextrosewert der ganzen Kulturflüssigkeit 0,792 g. Aus Maltose hervorgegangene Dextrose 0,1981 g, aus Dextrin gebildete Dextrose 0,5939 g. Dextrinmenge 0,5345 g.

Erhalten wurden sonach aus 0,8239 g Stärke

0,1823 g Maltose
0,5345 g Dextrin

zusammen 0,7177 g

= 87,11 %.

Stellt man nunmehr die bei den 6 Versuchen erhaltenen Werte für Maltose und Dextrin (+ lösliche Stärke) zusammen, so ergibt sich folgende Übersicht.

	Probe 1 17 Stund. g	Probe 2 2½ Tage g	Probe 3 3½ Tage g	Probe 4 4½ Tage g	Probe 5 7½ Tage g	Probe 6 12½ Tage g
verwendete Stärke	0,8239	0,8239	0,8239	0,8239	0,8239	0,8239
gebildete Maltose	0	0,144	0,153	0,167	0,197	0,183
gebildetes Dextrin	—	0,634	0,525	0,508	0,472	0,534
Verhältnis von Maltose und Dextrin zur angewandten Stärke	—	90,74%	82,23%	81,85%	81,23%	87,11%

Nachdem sich früher gezeigt hatte, dass die Gegenwart stickstoffhaltiger Substanzen scheinbar eine beschleunigte Zersetzung der Stärke vermittelt hatte, wurde die vorstehende Versuchsreihe wiederholt, jedoch wurde dem Kleister Pepton zugesetzt. Je 1 g bei 105° C. entwässerter Stärke wurde mit 50 ccm Wasser, dem 0,125 g Pepton zugesetzt war, verkleistert. Die sterilisierten Kleister wurden mit ungefähr gleichen Mengen Bakterienmaterial beschickt und 1½, 2½, 3½, 5½, 8½ und 9½ Tage bei 37° C. aufbewahrt.

Die Untersuchung der bald sauer reagierenden Kulturflüssigkeiten geschah nach diesen Fristen in derselben Weise wie oben, nur wurde der Säuregehalt und mehrmals der Alkoholgehalt bestimmt. Wegen Mangel an Material musste bei den Proben, deren Alkoholgehalt ermittelt wurde, auf die Dextrinbestimmung verzichtet werden. Die Resultate der Untersuchungen folgen hierunten.

Probe 1 ($1^1/_2$ Tage alt).

Die Kulturflüssigkeit lieferte ein opaleszierendes Filtrat von buttermilchähnlichem Geruch und saurer Reaktion, das durch Jodlösung rot gefärbt wurde.

An Maltose wurde erhalten 0,1228 g. 25 ccm der Verdünnung (invertierte Portion) lieferten 0,0586 g Kupferoxyd = 0,0243 g Dextrose. Dextrosewert der Kulturflüssigkeit 0,972 g Aus Maltose eutstandene Dextrose 0,1293 g, Dextrose aus Dextrin 0,8427 g. Folglich Dextrinmenge 0,7584 g.

Erhalten wurde aus 1 g Stärke

0,1228 g Maltose
0,7584 g Dextrin

zusammen 0,8812 g
= 88,12 %.

Probe 2 ($2^1/_2$ Tage alt).

Eigenschaften der Probe 2 wie diejenigen der Probe 1, nur war die Reaktion etwas stärker sauer.

Maltosegehalt 0,1680 g. An Alkohol wurden erhalten 0,11 %, ferner 0,083 g Säure (Milchsäure).

Probe 3 ($3^1/_2$ Tage alt).

Der Maltosegehalt war 0,1988 g, der Säuregehalt 0,112 g.

25 ccm der Verdünnung lieferten 0,048 g Kupferoxyd.

Daraus berechneter Dextrosewert 0,8000 g.
Dextrose aus der Maltose 0,2093 g.
Dextrose aus Dextrin 0,5907 g,

folglich Dextringehalt 0,5316 g.

Es wurden demnach aus 1 g Stärke erhalten

0,1988 g Maltose
0,5316 g Dextrin

zusammen 0,7304 g
= 73,04 %.

Nimmt man an, dass die Milchsäure aus Zucker entstand unter Abspaltung von Alkohol und Kohlensäure,

von welchen der Alkohol bei Probe 2 nachgewiesen wurde, so erhöht sich der Wert für die ursprünglich vorhandene Maltose auf 0,1988 + 2 × 0,112 = 0,3228 g.

Es wurden dann aus der Stärke gebildet

0,3288 g Maltose
0,5316 g Dextrin

zusammen 0,8604 g
= 86,04 %.

Probe 4 ($5^1/_2$ Tage alt).

Maltose wurde erhalten 0,1632 g, ferner 0,157 g Säure; der Alkoholgehalt der Kulturflüssigkeit betrug 0,16 %. Die Dextrinbestimmung musste aus Mangel an Material unterbleiben.

Probe 5 ($8^1/_2$ Tage alt).

Die Maltosemenge betrug 0,2068 g, die Säuremenge 0,153 g.

Probe 6 ($9^1/_2$ Tage alt).

Maltose erhalten 0,188 g, Säure 0,153 g. 25 ccm der Verdünnung lieferten 0,053 g Kupferoxyd. Daraus berechnet sich für die Kulturflüssigkeit der

Dextrosewert zu 0,880 g.
Dextrose aus Maltose 0,198 g.
„ aus Dextrin 0,682 g.

Daraus berechnet sich der Dextringehalt zu 0,6138 g.

Aus 1 g Stärke waren entstanden:

0,188 g Maltose
0,682 g Dextrin

zusammen 0,870 g
= 87,00 %.

Die Säuremenge entspricht 0,305 g Maltose, folglich

Gesamtmaltose 0,493 g
Dextrin 0,682 g

zusammen 1,175 g

d. i. etwas mehr, als der verwendeten Stärke (1 g) entspricht. Vermutlich ist das zugesetzte Pepton teilweise ebenfalls der Zersetzung anheimgefallen gewesen.

Die folgende kleine Tabelle gibt die Resultate aus der 2. Versuchsreihe wieder.

	Probe 1 $1^1/_2$ Tage	Probe 2 $2^1/_2$ Tage	Probe 3 $3^1/_2$ Tage	Probe 4 $5^1/_2$ Tage	Probe 5 $8^1/_2$ Tage	Probe 6 $9^1/_2$ Tage
angewandte Stärke . . .	1,0 g	1,0 g	1,0 g	1,0 g	1,0 g	1,0 g
gebildeter Alkohol . . .	–	0,11%	—	0,16%	—	–
gebildete Milchsäure .	—	0,083 g	0,112 g	0,157 g	0,153 g	0,153 g
gebildete Maltose . . .	0,123 g	0,168 g	0,199 g	0,163 g	0,207 g	0,188 g
gebildetes Dextrin . .	0,753 g	—	0,532 g	—	—	0,682 g
Verhältnis von Maltose und Dextrin zur angewandten Stärke . . .	88,12%	—	73,04%	—	—	87,00 „

Bevor ich auf die weitere Besprechung der Ergebnisse der obigen Versuche eingehe, habe ich noch nachzutragen die Resultate der Untersuchung des gebildeten direkt reduzierenden Zuckers.

Eine grössere Portion Stärke (ca. 10 g) wurde verkleistert, der Kleister sterilisiert und mit den Bakterien beschickt 14 Tage bei 37° C. aufbewahrt. Die erhaltene Zucker-Dextrin-Lösung wurde filtriert und mit Alkohol gefällt. Das Filtrat vom ausgefällten Dextrin wurde eingedampft, der Rückstand in wenig Wasser gelöst und wieder mit Alkohol gefällt. Dieses Verfahren wurde wiederholt, bis 96%iger Alkohol keine Fällung mehr hervorrief.

Der sirupöse Rückstand wurde mit 100 ccm Wasser aufgenommen und im 100 mm Rohr polarisiert. Die

Drehung war + 0,55. Der Gehalt der Lösung an Zucker (als Maltose bestimmt) war 0,4012 %, das spez. Gewicht bei 15° 1,0015.

Daraus berechnet sich die spez. Drehung des Zuckers zu

$$[a]_{D.} = \frac{100 \times 0{,}55}{1 \times 0{,}4012 \times 1{,}0015} = 136{,}9$$

der spez. Drehung der Maltose.

Der Einfluss der Gegenwart der stickstoffhaltigen Substanz auf die Zersetzung der Stärke ist nach dem Resultate der zweiten Versuchsreihe unverkennbar, während bei der ersten Versuchsreihe weder Alkohol noch Milchsäure gebildet wurden, wurden in den Proben der zweiten Versuchsreihe diese Körper in nicht unerheblichen Mengen erzeugt.

Ich stelle die Ergebnisse aller Versuche tabellarisch zusammen, zunächst mit den absoluten, dann mit den auf gleiche Menge angewandter Stärke (100 g) reduzierten Werten. Die Zahlen für den Alkohol habe ich aus der Tabelle mit den reduzierten Werten weggelassen, da ich die absoluten (Gramm-)Werte für den Alkoholgehalt nicht mehr zur Hand habe. (Siehe Tabelle S. 22 und 23). Aus beiden Tabellen, besonders aus derjenigen der Verhältniszahlen geht hervor, dass nach 12—17 Stunden die Bakterien sowohl ohne als mit Stickstoffquelle noch keine Maltose und Zersetzungsprodukte derselben gebildet hatten. Sie hatten lediglich einen Teil der Stärke gelöst und in Dextrin übergeführt. Die Unterschiede in der Dextrinbildung lassen sich wohl zwanglos aus der verschiedenen Menge der Bakterien erklären.

Nach 36 bezw. 40 Stunden waren in den mit Stickstoffsubstanzen versorgten Kleistern nicht unbeträchtliche Mengen Alkohol, Säure (12,40 % der Stärke) und Maltose (12,30—27,60 %) gebildet. Verändert waren mindestens 88 % der Stärke. Nach 36 Stunden war die Maltosemenge $^1/_6$ der Dextrinmenge.

Tabelle der absoluten Werte.

Alter der Probe	Angewandte Stärke	Kulturflüssigkeit enthielt keine Stickstoffsubstanz					Kulturflüssigkeit enthielt Stickstoffsubstanz				
		gebildeter Alkohol	gebildete Säure (Milchsäure)	gebildete Maltose	gebildetes Dextrin	Verhältnis von Maltose und Dextrin zur angewandten Stärke	gebildeter Alkohol	gebildete Säure (Milchsäure)	gebildete Maltose	gebildetes Dextrin	Verhältnis von Maltose und Dextrin zur angewandten Stärke
	g	g	g	g	g		g	g	g	g	
12 Stunden	0,8576	0	0	0	0,7816	91,14 %	—	—	—	—	—
12 „	0,8332	—	—	—	—	—	0	0	0	0,5808	69,70 %
17 „	0,8239	0	0	0	vorhand.	—	—	—	—	—	—
36 „	1,0000	—	—	—	—	—	0	0	0,123	0,758	88,12 %
40 „	1,0000	—	—	—	—	—	vorhand.	0,124	0,276	vorhand.	—
2½ Tage	0,8239	0	0	0,114	0,634	90,74 %	—	—	—	—	—
2½ „	1,0000	—	—	—	—	—	0,11 %	0,083	0,168	vorhand.	—
3½ „	0,8239	0		0,153	0,525	82,23 %	—	—	—	—	—
3½ „	1,0000	—	—	—	—	—	vorhand.	0,112	0,19	0,532	73,04 %
4½ „	0,8239	0	0	0,167	0,508	81,85 %	—	—	—	—	—
5½ „	1,0000	—	—	—	—	—	0,16 %	0,157	0,163	vorhand.	—
7½ „	0,8239	0	0	0,197	0,472	81,23 %	—	—	—	—	—
8½ „	1,0000	—	—	—	—	—	vorhand.	0,153	0,207	vorhand.	—
9½ „	1,0000	—	—	—	—	—	„	0,153	0,188	0,682	87,00 %
12½ „	0,8239	0	0	0,183	0,534	87,11 %	—	—	—	—	—

Zum Schlusse meiner Arbeit spreche ich Herrn Prof. Dr. Pfeiffer, sowie Herrn Dr. Ludwig, wissenschaftlichem Hilfsarbeiter an der Abteilung für die technische Untersuchung von Lebensmitteln am Hygienischen Institut zu Rostock meinen aufrichtigen Dank für die gewährte Anleitung und Unterstützung aus.

Lebenslauf.

Ich, Andreas Anton Eimo Gossel, Sohn der Eheleute Pastor Friedrich Gossel und Magdalena geb. Andreesen, wurde am 6. Juli 1875 zu Reepsholt in Ostfriesland geboren. Vom Vater vorbereitet, trat ich Ostern 1890 in das Gymnasium zu Norden in Ostfriesland ein. Nachdem ich Herbst 1896 das Zeugnis der Reife erlangt hatte, studierte ich zu Erlangen, Göttingen, Berlin und Rostock Medizin und beendete am 10. Februar 1902 das ärztliche Staatsexamen.